

マツカレハ 1～2 齢幼虫に対するクモ類の 日当り捕食量の推定

松 井 均

東京大学農学部森林動物学教室

Synopsis

MATSUI, Hitoshi (Laboratory of Forest Zoology, Faculty of Agriculture, University of Tokyo, Tokyo): Estimations of the predatory ability of spiders for young pine moth larvae. *Acta arachnol.*, **27** (Special number): 239-245 (1977).

Experiments were carried out to determine the predatory ability of spiders for 1st and 2nd instar larvae of the pine moth, *Dendrolimus spectabilis* BUTLER. HOLLING's (1959) 'disc equation' and WATT's (1959) equation were used in order to estimate abilities of spiders. The predatory ability of larger spiders, except the grass spider males, for 1st instar larvae was superior to that of smaller ones. Generally, spider males seem to be inferior to females and old nymphs as predators.

The number of the 2nd instar larvae preyed upon by one spider decreased to about half of that in the case of the 1st instar larvae. It is concluded that the prey size is an important factor for the predation process.

は じ め に

最近、クモ類は種々の昆虫の有力な捕食者として注目されつつあり、マツ類の食葉性昆虫であるマツカレハについても例外ではない（奥田，1970；小林・黒田，1972；松井，1974，1976）。しかし、クモの捕食能力に関しては、串田（1971）の簡単な実験結果があるにすぎない。捕食能力を論ずる場合、単なる捕食量だけではなく、捕食量に関与するいろいろな要因、特に餌の密度との関連で評価することが重要と思われるが、マツカレハに関してはこのような研究はまだ行なわれていない。そこで筆者は、SOLOMON (1949) に提案され、HOLLING (1966) によって体系づけられた機能の反応を用いて、数種のクモのマツカレハ若齢幼虫に対する捕食能力を調べてみた。

材 料

東京都下田無市にある東京大学農学部付属演習林田無試験地のマツ林において、7～9月にかけて観察されるクモ類のうち、実際にマツカレハ 1～2 齢幼虫を捕食するもののうち数種をとりあげ、捕食能力を推定した。実験に供したクモはコクサグモ *Agelena opulenta* L. KOCH の雌（体長約 10 mm）、雄（8-9 mm）および幼体（5～6 mm）、オオヒメグモ *Theridion tepidariorum* (C. KOCH) の雌（7～8 mm）、クリチャササグモ *Oxyopes badius* YAGINUMA の雌（約 7 mm）、ヒメグモ *Theridion japonicum* BÖSENBERG et STRAND の雌（4～5 mm）などである。いずれもマツカレハの 1～2 齢幼虫が出現する時期によくみられる。

実 験 方 法

野外から採集したクモを、1日間餌を与えずに放置したのち、それぞれのクモ1頭を所定数のマツカレハ1齢幼虫（ふ化後1日以内）または2齢幼虫（脱皮後1日以内）とともにマツ針葉を入れた直径15 cm、高さ9 cmのプラスチック容器に投入し、1日14時間照明、室温26°C恒温下に置き、1日後の捕食数を各処理区4～5区の繰り返して調査した。

捕 食 量 推 定 法

捕食能力（日当り捕食量）の推定は、まず餌密度の増加とともに捕食率（捕食数/餌密度）が減少する関係を近似できる HOLLING (1959) の「円板式」(disc equation) によった。

捕食数 Y ，餌密度 X ，瞬間発見率 a ，寄主発見のための時間を T_s とすると

$$Y = a \cdot T_s \cdot X \quad (1)$$

一方、捕食者と被捕食者の接触時間を T_t ，捕食者の攻撃摂食時間を b とすると、

$$T_s = T_t - b \cdot Y \quad (2)$$

(1) 式に (2) 式を代入することによって、

$$Y = a \cdot (T_t - b \cdot Y) \cdot X \quad (3)$$

が得られる。これを整理すると

$$Y = \frac{T_t \cdot a \cdot X}{1 + a \cdot b \cdot X} \quad (4)$$

となる。これがいわゆる円板式である。なお、捕食率と捕食数との間には (4) 式を変形することによって次のような直線関係が導かれる。

$$Y/X = -a \cdot b \cdot Y + T_t \cdot a \quad (5)$$

(5) 式において $T_t=1$ （捕食量は1日後に調べたので）としたときに得られる両者の関係から直線回帰を求め、 a と b とを求めることができる。さらに、この攻撃摂食時間 (b) で捕食活動を続けたと仮定したときの1日当りの捕食量の限界値 ($K=1/b$) も求められる。

次に WATT (1959) により提案された式を用いて捕食量を推定した。捕食者を1頭としたとき、餌密度 (X)，捕食数 (Y)，および日当り捕食量 (K') との間には

$$\ln \frac{K'}{K' - Y} = a' \cdot X \quad (6)$$

の関係が成り立つ。

(6) 式には2つのパラメーターがあるため直接 K' を求めることは不可能であるが、直線関係で近似できることを利用すれば求めることができる。この式は GAUSE (1934) や IVELEV (1955) により指摘された捕食に関して重要な要素である飽食度を組み込んだものであるので、円板式の K と、WATT の式の K' との比 (K'/K) も同時に求めてみた。

なお、HOLLING の円板式は MILLER (1960) によって、高密度のもとでは適合性が悪くなることが指摘されているので、上記の各値は円板式にあてはまる範囲の餌密度を用いて計算した。

結 果

捕食数は餌密度の増加とともに一定値に近づく傾向がうかがわれた (Figs. 1, 2). また, 捕食率は餌密度の増加に伴ない減少した (Fig. 3). これらの関係は HOLLING の円板式によって近似することができるので, それによって得られた曲線と方程式を図中に示すとともに, 各パラメーター a , b , K ($=1/b$) を Table 1 に示した. さらに, WATT の式を用いて直線関係で近似した結果を Fig. 4 に, それによって得られた K' を Table 1 に示した.

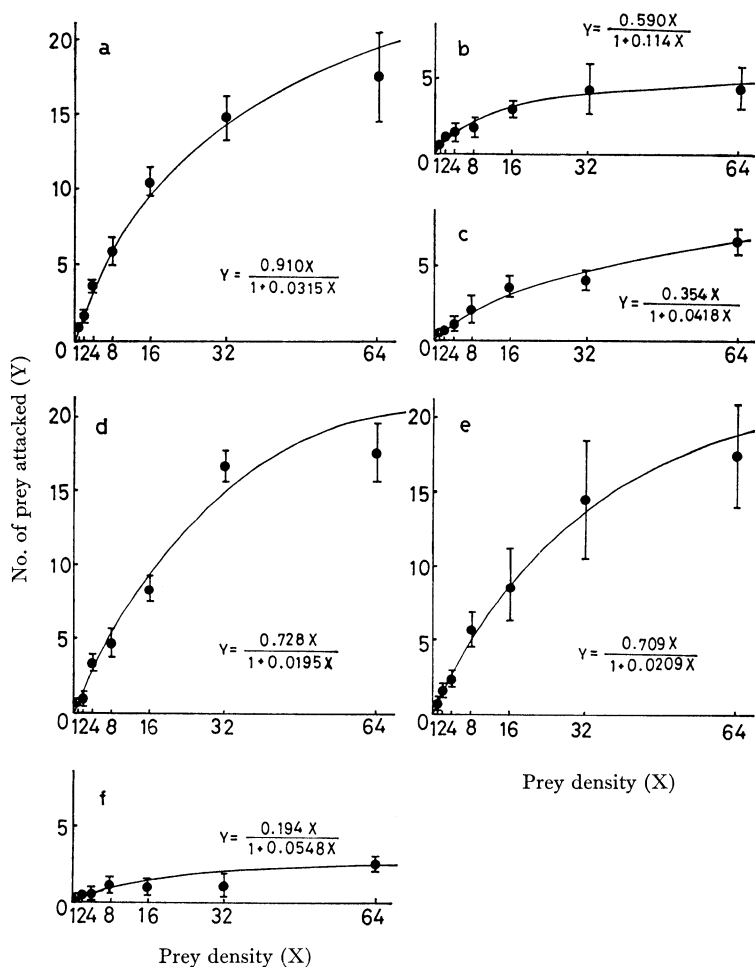


Fig. 1. Functional response of spiders to the density of 1st instar larvae of pine moth, *Dendrolimus spectabilis*. Vertical lines represent ± 1 standard error of the mean. a. *Agelena opulenta* female, b. *A. opulenta* male, c. *A. opulenta* old nymph, d. *Theridion tepidariorum* female, e. *Oxyopes badius* female, f. *T. japonicum* female.

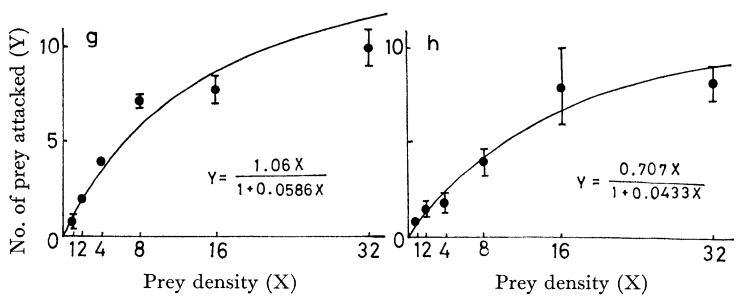


Fig. 2. Functional response of spiders to the density of 2nd instar larvae of pine moth, *D. spectabilis*. Vertical lines represent \pm s.e. of the mean. g. *A. opulenta* female, h. *T. tepidariorum* female.

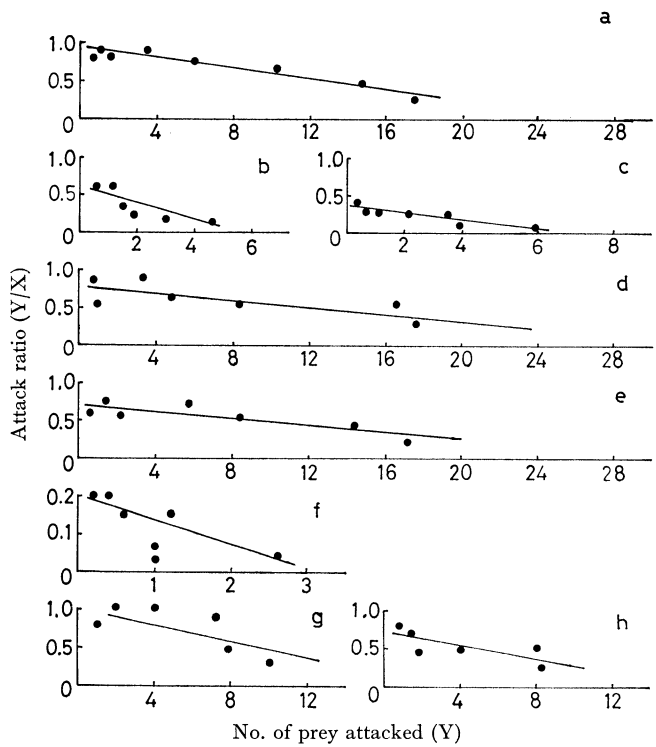


Fig. 3. Relationship between number of prey attacked (Y) and attack ratio (Y/X). Symbols equal Fig. 1 and Fig. 2.

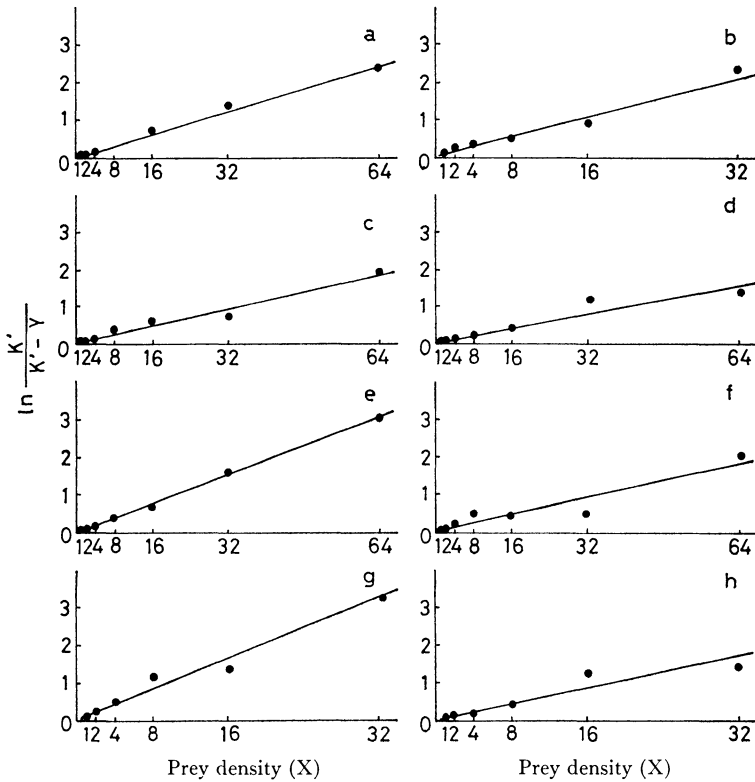


Fig. 4. Relationship between density of prey and equation $\ln \frac{K'}{K'-Y}$.

Values for K' are chosen by trial and error until a plot of $\ln \frac{K'}{K'-Y}$ against X yields a straight line. Symbols equal Fig. 1 and Fig. 2.

以上の結果を1齢幼虫について検討してみると、コクサグモ雌、オオヒメグモ雌、クリチャサグモ雌などでは、日当り最大捕食量の限界値(K)が28-38、日当り最大捕食量(K')が18-24、さらに瞬間発見率(a)が0.7-0.9と大きかったのに対し、コクサグモ雄・幼体、ヒメグモ雌などでは K が3-9、 K' が3-8、 a が0.2-0.6とかなり低い値になった。これらのことから前三者はマツカレハ1齢幼虫の捕食者としてすぐれていることが示唆される。また、 K'/K 値は後三者が大きく、ある捕食時点から次の攻撃までの時間が延長される割合は少ないことが示された。

2齢幼虫に対するコクサグモ雌・オオヒメグモ雌の K 、 K' は1齢幼虫に対する値に比べそれぞれ約3/5、2/5に減少したが、 K'/K および a はあまり変化しなかった。

考 察

日当り捕食量を求める際に用いた式には、与えた餌が捕食者にとって等質であること、餌密度が常に一定であることなどの仮定が含まれている。一方、実験に用いた捕食者（この場合クモ）に関しては、

Table 1. Summary of parameters calculated by 'disc equation' and Watt's equation.

Symbol *	Spider species and stage	Stage of prey, <i>D. spectabilis</i>	Time spent handling a prey b	Max. no. of attacks calculated by b $K=1/b$	Max. no. of attacks calculated by Watt's equation K'	K'/K	Instantaneous rate of discovery a
a	<i>Agelena opulenta</i> female	1st instar	0.0346	28.90	19.5	0.675	0.910
b	<i>A. opulenta</i> male	1st instar	0.193	5.18	5.1	0.985	0.590
c	<i>A. opulenta</i> old nymph	1st instar	0.118	8.46	7.8	0.922	0.354
d	<i>Theridion tepidariorum</i> female	1st instar	0.0268	37.31	23.5	0.630	0.728
e	<i>Oxyopes badius</i> female	1st instar	0.0296	33.78	18.1	0.536	0.704
f	<i>T. japonicum</i> female	1st instar	0.341	3.18	3.0	0.943	0.194
g	<i>A. opulenta</i> female	2nd instar	0.0550	18.12	10.4	0.574	1.06
h	<i>T. tepidariorum</i> female	2nd instar	0.0612	16.34	11.0	0.673	0.707

* Symbols equal Fig. 1 and Fig. 2.

HOLLING (1966) に指摘された捕食にもっとも重要である空腹度が1日の絶食で同程度になったか否か不明であること、さらに MIYASHITA (1968) により示された同じステージでも脱皮前後や産卵前後と卵のう保持期間中などでは捕食量が変化することなどの問題を検討する余地が残されている。従って、当然のことながらこの実験で示された値は条件により変わることも考慮する必要がある。

1 齢幼虫に対する結果からは、コクサグモ雄を除き比較的体長の大きいクモが、 K , K' および a が大きかった。笹波ら (1970) もツマグロヨコバイ成虫に対するクモの捕食能力を推定した際、大型種のほうが小型種よりも捕食能力がすぐれていることをみいだしている。これらを考えあわせると、一般に大型のクモほど捕食者としての能力がすぐれているといえよう。ただし、餌が小さすぎる場合は、捕食効率という観点からみるとあまり捕食されないのではないと思われる。ところで、体長の比較的大きいコクサグモ雄の K , K' は小さかったが、これは HAYNS and SISOJEVIC (1966) がエビグモの1種 (*Philodromus rufus* WALCKENAER) で示した結果と同様であり、クモの雄は捕食者としてあまりすぐれていないように思われる。

ヒメグモ雌、コクサグモ幼体の K , K' や a が小さかったのは、体長が小さいことに由来すると思われるが、いずれも K'/K 値が大きく、体長の大きかったコクサグモ雌・オオヒメグモ雌・クリチャサグモ雌などに比べある捕食時点から次の攻撃までの時間が延長される割合が少ないことから、個体数が多ければ、有力な捕食者として働くこともあると考えられる。

2 齢幼虫に対する結果からは、いずれも捕食量が1 齢幼虫の場合に比べてほぼ半減したことから、餌の大きさが大きくなるほど捕食量は減少することが推測される。MUKERJI and LEROUX (1969) もカメムシの1種 (*Podisus maculiventris* (SAY)) を用いた実験から、餌サイズが捕食者にとって捕食過程の

重要な要素であることを結論している。

この論文では、機能の反応を用いてクモ類のマツカレハ1～2齢幼虫に対する捕食能力を推定したが、野外条件下での捕食を論ずる場合、機能の反応だけでなく、数の反応も考慮にいれる必要がある。また、クモの捕食行動の違いや分布状態などにより、実験的に求めた捕食能力と実際の捕食量との間に大きな違いが生ずる場合も考えられ、今後はこのような点も解明していくべきと考えられる。

謝 辞

本稿をまとめるに当り有益な御助言をいただいた東京大学農学部の小久保醇博士にお礼申し上げる。また、実験の際お世話になった東京大学農学部付属演習林田無試験地の職員の方々、投稿の際便宜をはかっていただいた追手門学院大学の西川喜朗助教授に心から謝意を表します。

文 献

- GAUSE, G. F., 1934. The Struggle for Existence. Williams & Wilkins Co., Baltimore Md.
- HAYNES, D. and P. SISOJEVIC, 1966. Predatory behavior of *Philodromus rufus* WALCKENAER (Aranea: Thomisidae). *Can. Ent.* **98**: 113-133.
- HOLLING, C. S., 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Can. Ent.* **91**: 385-398.
- , 1966. The functional response of invertebrate predators to prey density. *Mem. Ent. Soc. Can.* **48**: 1-86.
- IVLEV, V. S., 1955 [1965]. 魚類の栄養生態学 (児玉・吉原訳). pp. 1-261, 新科学文献刊行会, 米子.
- 小林一三・黒田敏明, 1972. マツカレハの接種ふ化幼虫を襲った捕食者. 83回日林講: 265-267.
- 串田 保, 1971. マツカレハ幼虫を捕食するクモ類. 森林防疫, **20**: 8-9.
- 松井 均, 1974. 松毛虫を捕食する真正クモ類. 森林防疫, **23**: 84-86.
- , 1976. マツカレハ若齢幼虫期の死亡に関与する捕食者の役割. 日林誌, **58**: 168-173.
- MILLER, C. A., 1960. The interaction of the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (CLEM.), and the parasite *Glypta fumiferana* (VIER). *Can. Ent.*, **92**: 839-850.
- MIYASHITA, K., 1968. Quantitative feeding biology of *Lycosa T-insignita* BOES. et STR. (Araneae: Lycosidae). *Bull. Nat. Inst. Agr. Sci. Ser. C.*, **22**: 329-344.
- MUKERJI, M. K. and E. J. LEROUX, 1969. The effect of predator age on the functional response of *Podisus maculiventris* to the prey size of *Galleria mellonella*. *Can. Ent.*, **101**: 314-327.
- 奥田素男, 1970. 森林害虫に対する捕食性天敵としてのクモ類——スギハムシおよびマツカレハの調査から——. 森林防疫, **19**: 7-12.
- 笹波隆文・桐谷圭治・川原幸夫, 1970. クモ類の捕食能力の室内実験による評価法. 応動昆, **14**: 144-146.
- SOLOMON, M. E., 1949. Natural control of animal populations. *J. Anim. Ecol.*, **18**: 1-35.
- WATT, K. E. F., 1959. A mathematical model for the effect of densities of attacked and attacking species on the number attacked. *Can. Ent.*, **91**: 129-144.